

“MEJORAMIENTO VIAL DE LA CALLE 26 EN LOS TRAMOS COMPRENDIDOS ENTRE LAS CARRERAS 17 Y 18 Y LAS CARRERAS 19 Y 23 DEL MUNICIPIO DE PAIPA, BOYACÁ”

CALLE 26 ENTRE CARRERA 18 Y CARRERA 17

ESTUDIO DE SUELOS N° 1925-5

PROYECTO ELABORADO PARA:
MUNICIPIO DE PAIPA



NIT: 900446925-7



Contactos:

Tel: (038) 747 4417

Cel: 318 683 5421 / 312411 3265

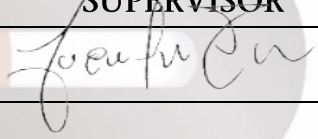
Calle 43 # 8a - 06 Tunja - Boyacá

www.appcontrolingenieria.com

LISTA DE CONTROL DE CAMBIOS

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO VIAL DE LA CALLE 26 EN LOS TRAMOS COMPRENDIDOS ENTRE LAS CARRERAS 17 Y 18 Y LAS CARRERAS 19 Y 23 DEL MUNICIPIO DE PAIPA, BOYACÁ"
LOCALIZACIÓN:	CALLE 26 ENTRE CARRERA 18 Y CARRERA 17
No INTERNO:	INF-ESUL-1925
AREA:	GEOTECNIA

LISTA DE DISTRIBUCIÓN

	CONSULTORÍA	SUPERVISOR
CONTRATISTA	APP CONTROL INGENIERIA SAS	
FIRMA		
FECHA		

REVISIONES

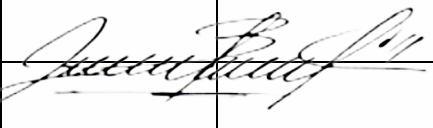
ESTADO	NOMBRE	FECHA	FIRMA
ELABORÓ			
REVISÓ	Ing. JULIAN FELIPE BUSTAMANTE		
APROBÓ	Ing. JULIAN FELIPE BUSTAMANTE		

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1. ASPECTOS GENERALES	8
1.1 Alcance de estudio	8
1.2 Ubicación	8
1.3 Zona de estudio	10
1.4 Descripción y Características del Proyecto	10
1.5 Alcance de Intervención	11
2. TRABAJO DE EXPLORACIÓN - TRABAJO DE LABORATORIO	14
2.1 Campaña geotécnica	14
2.2 Pruebas realizadas	16
2.2.1 Ensayos de campo	16
2.2.2 Ensayos de Laboratorio	16
1. CONSIDERACIONES GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS	18
2. CARACTERÍSTICAS FISICOMECAÑICAS DEL SUELO Y ESTRATIGRAFÍA	20
2.1 Características fisicomecánicas:	20
2.1.1 Condiciones de agua subterránea:	20
2.1.2 Límites de Atterberg:	20
2.1.3 Granulometría - lavado en la malla 200	20
2.1.4 Consistencia del suelo:	21
2.1.5 Peso Unitario:	21
2.1.6 Índice de consistencia	21
2.1.7 Familias de suelos	21
2.2 Capacidad de soporte – subrasante natural	23
2.2.1 Prueba de CBR in situ.	23

2.2.1	Penetrómetro dinámico de cono	23
2.2.2	Correlaciones índices de grupo Aashto	23
2.2.3	Correlación propiedades índice Aashto	23
2.2.4	Resultados obtenidos CBR	24
2.2.5	Análisis del CBR obtenido	24
2.3	Análisis de Tramos Homogéneos	25
2.4	Estratigrafía	27
3.	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL SUELO	28
3.1	Parámetros de suelo	28
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	29
1.	LISTA DE ANEXOS	31
1.1	Columnas estratigráficas	31
1.2	Resumen de ensayos realizados	32
1.3	Resultados de ensayos penetrómetro dinámico de cono "PDC"	33
1.4	CBR In situ	34
1.5	Límites de Atterberg	35
1.6	Registro Fotográfico	36

LISTA DE ESQUEMAS

	Pág.
Esquema 1 Localización global del proyecto.....	9
Esquema 2 Zona de localización del proyecto.....	10
Esquema 3 Esquema y abscisas de intervención del proyecto.....	12
Esquema 4 Planta y Sección pavimento en Asfalto	13
Esquema 5 Sección pavimento en Concreto	13
Esquema 6 Distribución aproximada del sitio de exploración.....	15
Esquema 7 Carta geológica del proyecto	19
Esquema 8 Clasificación unificada de suelos – Clasificación Aashto.	22

CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Coordenadas y abscisas de intervención del proyecto.....	11
Tabla 2 Distribución de apique.....	15
Tabla 3 Número de ensayos de laboratorio realizados en el apique.....	17
Tabla 4 Clasificación de suelos expansivos.....	20
Tabla 5 Resultados de CBR obtenidos.....	24
Tabla 6. Categorización de CBR.....	24
Tabla 7 Resumen capacidad de soporte.....	25
Tabla 8 Resumen general variables.....	26
Tabla 9 Parámetros geotécnicos obtenidos.....	28

CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

LISTA DE FOTOS

Foto 1 Exploración Apique 6	36
-----------------------------------	----



1. ASPECTOS GENERALES

1.1 Alcance de estudio

En este informe se consigna la información geotécnica obtenida en trabajos de la exploración del subsuelo los cuales se realizaron a partir de la planificación y ejecución de los trabajos de exploración del subsuelo, la selección de muestras representativas de los materiales identificados, la realización de ensayos de laboratorio, la caracterización geotécnica de los materiales, el análisis de resultados y de ingeniería, los cuales constan de: una identificación visual en campo, ensayos in situ, registro de niveles freáticos, ensayos de laboratorio, caracterización de materiales, análisis de resultados y recomendaciones necesarias con el propósito de establecer el tipo de suelos y estratificación del subsuelo para evaluar y definir desde el punto de vista geotécnico, condiciones o recomendaciones para el buen funcionamiento de la estructura de pavimento, garantizando un soporte adecuado de las solicitaciones del tránsito, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y demás factores agregados.

El estudio se ha realizado siguiendo los lineamientos normativos establecidos en la norma INVIAS teniendo en cuenta las recomendaciones y las especificaciones de carreteras del 2022.

1.2 Ubicación

El sitio del proyecto se encuentra en la zona urbana del municipio de Paipa, sobre la Calle 26 entre carrera 18 y carrera 17.

Los siguientes esquemas muestran la localización aproximada del proyecto, y las vías donde se ejecutaron perforaciones para la exploración del subsuelo.

Esquema 1 Localización global del proyecto.



Fuente: El estudio

Esquema 2 Zona de localización del proyecto.



Fuente: Google Earth.

1.3 Zona de estudio

La zona de estudio se caracteriza por presentar una topografía semi inclinada y por encontrarse en una zona urbana, la vía se encuentra ubicada en la Calle 26 entre carrera 18 y carrera 17, la capa de rodadura actual se encuentra conformada por carpeta asfáltica en mal estado.

1.4 Descripción y Características del Proyecto

El proyecto consiste en implementar una estructura adecuada para la construcción de vías, siguiendo la normativa de la Guía de Diseño de Pavimentos, con el fin de que se brinden mejores condiciones de paso de vehículos, mejorando la seguridad, accesibilidad para optimizar la movilidad de los usuarios que a diario transitan por el sector, con costos de operación bajos, siempre y cuando se garanticen actividades de mantenimiento rutinario y preventivo que prolonguen la vida útil de la estructura.

1.5 Alcance de Intervención

Para el caso del proyecto se tiene contemplado la intervención de la Calle 26 en los tramos comprendidos entre las Carreras 17 y 18 y las Carreras 19 y 23 del municipio de paipa, Boyacá, a continuación, se relaciona las coordenadas y las abscisas respectivas, un aspecto a tener en cuenta es que las abscisas que se relacionan en la tabla están de acuerdo con el diseño geométrico:

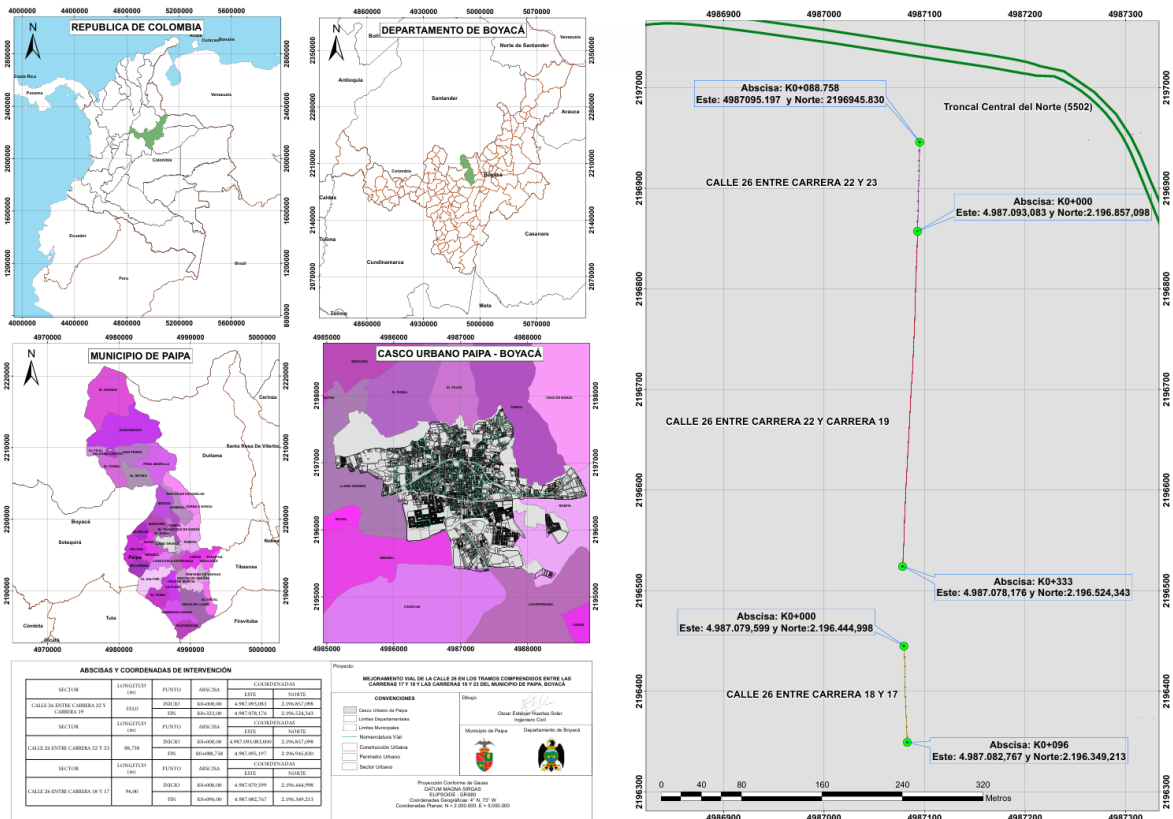
Tabla 1 Coordenadas y abscisas de intervención del proyecto

SECTOR	LONGITUD (m)	PUNTO	ABSCISA	COORDENADAS	
				ESTE	NORTE
CALLE 26 ENTRE CARRERA 22 Y CARRERA 19	333,0	INICIO	K0+000,00	4.987.093,083	2.196.857,098
		FIN	K0+333,00	4.987.078,176	2.196.524,343
CALLE 26 ENTRE CARRERA 22 Y 23	88,758	INICIO	K0+000,00	4.987.093,0830	2.196.857,098
		FIN	K0+088,758	4.987.095,1970	2.196.945,830
SECTOR	LONGITUD (m)	PUNTO	ABSCISA	COORDENADAS	
				ESTE	NORTE
CALLE 26 ENTRE CARRERA 18 Y 17	96,00	INICIO	K0+000,00	4.987.079,599	2.196.444,998
		FIN	K0+096,00	4.987.082,767	2.196.349,213

Fuente: El Estudio.

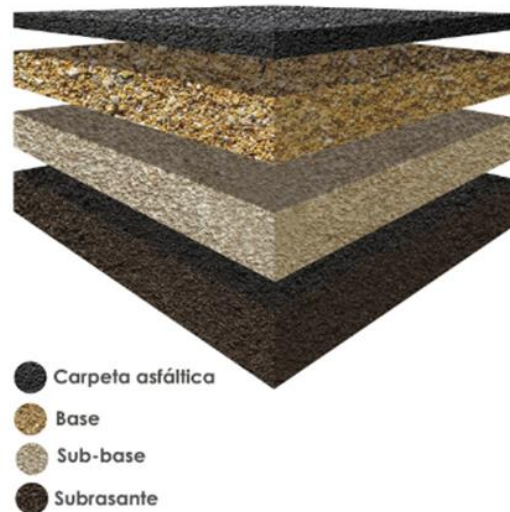
CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

Esquema 3 Esquema y abscisas de intervención del proyecto



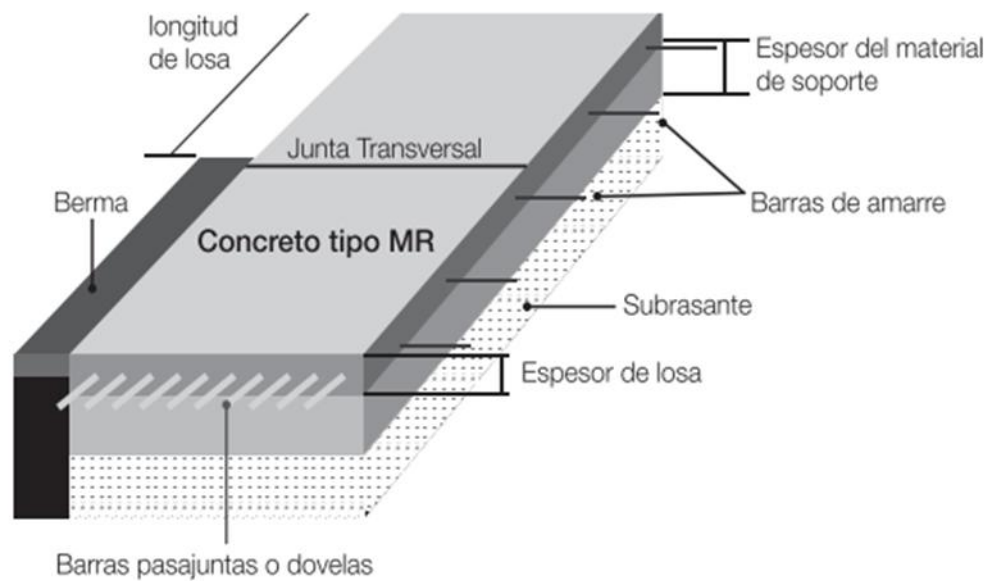
Fuente: El Estudio.

Esquema 4 Planta y Sección pavimento en Asfalto



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos en Asfalto. INVIAS.

Esquema 5 Sección pavimento en Concreto



Fuente: Manual de diseño de pavimento de concreto INVIAS.

2. TRABAJO DE EXPLORACIÓN - TRABAJO DE LABORATORIO

2.1 Campaña geotécnica

El trabajo de campo se llevó a cabo el mes de Julio de 2025; las condiciones climatológicas fueron mayormente tiempo frio y la temperatura promedio fue de 14°C.

Exploración: siguiendo las recomendaciones de la Guía de Diseño de Pavimentos INVIAS, se ejecutaron trabajos de campo de forma directa (exploración destructiva mediante apiques a cielo abierto) que permitieran determinar las características y propiedades geomecánicas de los materiales presentes en el subsuelo para el presente estudio geotécnico.

Distancia de los apiques: la normativa recomienda realizar apiques cada 250 metros lineales, por ello atendiendo dicha observación, se ejecutaron tareas geotécnicas en el tramo de acuerdo a la longitud identificada

Profundidad del apique: El apique realizado se llevó a profundidad de 1.5 metros.

Pruebas in situ: ensayo de CBR inalterado (California Bearing Ratio INV E 169 – 13), ensayo de penetrómetro dinámico de cono (INV E 172 – 13), el ensayo de penetración normal SPT (A.S.T.M. 1586-11) y el ensayo del penetrómetro de bolsillo ASTM D-1558)

Toma de muestras: durante el proceso de exploración se empleó equipo manual con herramienta menor y avance por hincado para el avance en profundidad; se recuperaron especímenes de suelo alterado en muestreadores de bolsa (BO) y cuchara partida (SS), y muestras inalteradas mediante tubo shelby (SH) y molde de CBR, debidamente empacadas y rotuladas.

Registro de campo: se realizó descripción visual (INV E 102-22) de las muestras extraídas en cada profundidad, con el fin de establecer propiedades físicas in situ y elaborar el respectivo reporte estratigráfico, donde se identifican niveles freáticos, consistencia y/o compacidad del terreno, color, textura entre otros, la cual se presenta en los anexos con el respectivo reporte fotográfico.

A continuación, se observa el proceso de exploración realizado para la exploración del suelo.

Tabla 2 Distribución de apique.

No. APIQUE	DIRECCIÓN	PROFUNDIDADES DE MUESTREO (m)		PDC	COORDENADAS		FECHA EXPLORACIÓN
		BOLSA	CBR		NORTE	ESTE	
5		0.1 - 0.4 1.0 - 1.5	0.4 - 1.0	SI	5° 46' 47.15"	73° 7' 0.15"	14/07/2025

Esquema 6 Distribución aproximada del sitio de exploración.



Fuente: El Estudio.

2.2 Pruebas realizadas

2.2.1 Ensayos de campo

Para los apiques realizados siguiendo el plan de exploración para cada uno de estos, se tomaron pruebas in situ, las cuales permiten establecer parámetros específicos para la caracterización del subsuelo. Las normas empleadas son INVÍAS, ASTM y NTC, o ICONTEC, los cuales incluyeron algunos de los siguientes ensayos:

- Descripción e Identificación de Suelos. Norma ASTM D 2488
- Ensayo de Penetración Estándar. Norma ASTM D 1586
- Ensayo de penetrómetro dinámico de cono (INV E 172 – 13)
- Penetrómetro de bolsillo ASTM D 1558.
- Otros ensayos de campo que se requieran tales como Ensayo de Veleta de Campo, de acuerdo al criterio del Ingeniero Geotecnista.

2.2.2 Ensayos de Laboratorio

De las muestras recuperadas en la exploración, se eligieron las más representativas para realizar los ensayos de laboratorio necesarios para determinar las propiedades geomecánicas de los materiales siguiendo los lineamientos contemplados en las normas INVÍAS, ASTM y NTC, o ICONTEC, los cuales incluyeron algunos de los siguientes ensayos:

- Transporte y preparación de muestras. Normas ASTM D 421 y D 2217, D 4220 y D 4223.
- Descripción e Identificación de Suelos. Norma ASTM D 2488
- Determinación del CBR in-situ. Norma ASTM D 4429
- Peso Unitario Especifico de los Sólidos del Suelo. Norma ASTM D 854
- Humedad. Normas ASTM D 425, D 2216, D 4643 y D 4959
- Análisis Granulométrico. Normas ASTM D 422 y D 1140
- Límites de Consistencia. Normas ASTM D 427, D 4318, D4943 y BS 1377
- Determinación de la Resistencia a la Compresión Simple. Norma ASTM D 2166, D 5102 y D 52052

La siguiente tabla muestra el número de pruebas realizadas en el apique. Los resultados de los ensayos se presentan en el anexo 1.

Tabla 3 Número de ensayos de laboratorio realizados en el apique.

SECTOR		5
CANTIDAD DE ENSAYOS		APIQUE 6
PRUEBAS DE LABORATORIO	Humedad Natural - INV E 122-13	3
	Límite Líquido - INV E 125-13	3
	Límite Plástico - INV E 125-13	3
	Densidad Peso unitario	1
	Lavado en el tamiz 200 - INV E 123-13	3
ENSAYOS DE RESISTENCIA	CBR Iralterado INV-E 169-13	1
	Peretrometro Dinamico de Cono INV-E 172-13	1
	Peretrómetro de bolsillo (kg/cm²) ASTM D 1558	1

CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

1. CONSIDERACIONES GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS

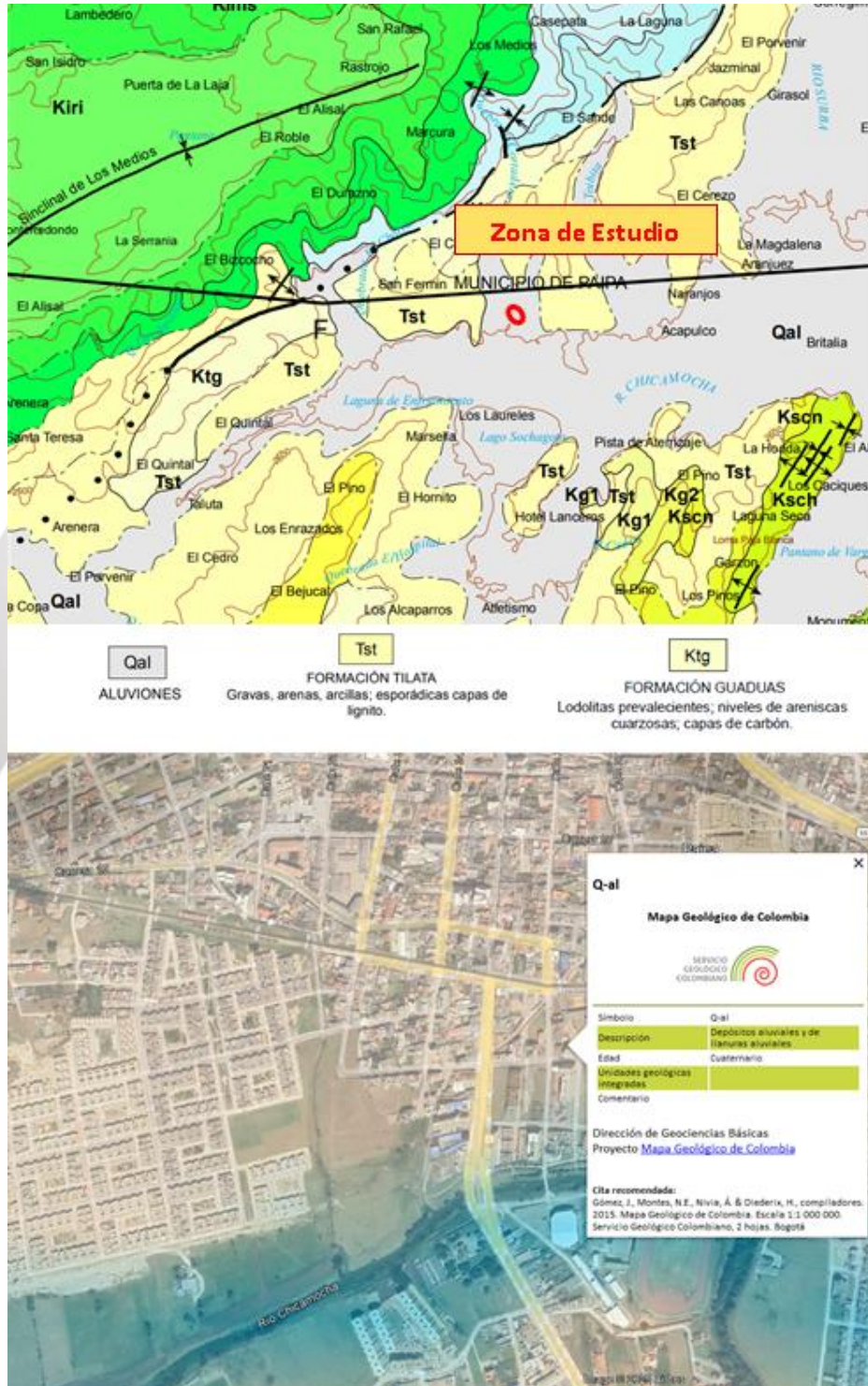
Las formaciones geológicas que se encuentran en área de estudio se encuentran plasmadas en la plancha 171 correspondiente a Duitama y establecida por Ingeominas. En la zona del proyecto se encuentran suelos pertenecientes a las siguientes formaciones:

Aluviales (Qal): Se ubican hacia las márgenes de los drenajes principales y consisten de bloques redondeados, a subredondeados principalmente de arenitas, en una matriz areno-arcillosa, presentan una morfología plana.

Formación Tilatá (Tst): Esta unidad está ampliamente distribuida desde la Sabana de Bogotá y a lo largo del Altiplano Cundiboyacense hasta Duitama. En la zona aparece en las partes bajas cercanas al Lago Sochagota y con morfología suavemente alomada al E de La Casona, hacia la Vereda Cruz de Murcia. La unidad se compone predominantemente de niveles arenosos en capas medias a gruesas, intercaladas con limolitas y arcillolitas abigarradas. Las arenas son cuarzosas, bien seleccionadas, muy friables y de grano que varía de grueso a fino, redondeado a subredondeado. Son comunes los óxidos de hierro tanto en los niveles duros como blandos. Se presentan capas de lignito, explotados en la zona como carbón de regular calidad.

Formación Guaduas (KTg): La Formación Guaduas constituye la transición del Cretáceo superior al Terciario, y está constituida por una secuencia de arcillolitas grises principalmente, areniscas friables y horizontes de carbón interestratificados. El espesor estimado es de 570 metros. Las exposiciones de la Formación Guaduas, al Norte de Paipa están perturbadas por efectos de la Falla de Boyacá.

Esquema 7 Carta geológica del proyecto



Fuente: <http://www.ingeminas.gov.co/>

2. CARACTERÍSTICAS FISICOMECAÑICAS DEL SUELO Y ESTRATIGRAFÍA

2.1 Características fisicomecánicas:

Con la exploración realizada en campo y los resultados obtenidos en laboratorio, se determinaron las siguientes propiedades:

2.1.1 Condiciones de agua subterránea:

En las perforaciones realizadas no se detectaron niveles freáticos.

Se tuvieron registros de humedad natural entre 13.4% a 16.8 %, lo que indica porcentajes de saturación intermedios.

2.1.2 Límites de Atterberg:

Los resultados obtenidos para evaluar el grado de plasticidad y expansión mediante el límite líquido (LL) y el índice de plasticidad (IP), arrojaron valores entre 19.5a 21.4% para LL y 5.1 a 6.2 para IP.

Con base a la clasificación planteada en la NSR 10 en el titulo H.9.1.3, se observa que los resultados obtenidos de las pruebas realizadas se encuentran en el rango de plasticidad y potencial expansivo Bajo.

Tabla 4 Clasificación de suelos expansivos.

POTENCIAL DE EXPANSION	LÍMITE LÍQUIDO %	ÍNDICE DE PLASTICIDAD %
Muy Alto	> 63	> 32
Alto	50 - 63	23 - 45
Medio	39 - 50	45 - 34
Bajo	< 39	< 20

Fuente: Tabla H.9.1-1 NSR 10

2.1.3 Granulometría - lavado en la malla 200

De los porcentajes que pasan la malla 200 se obtuvieron valores de 21.3% a 28.6% con un promedio de 24.0% indicando una composición arenosa principalmente.

2.1.4 Consistencia del suelo:

Se evalúa mediante la prueba de compresión inconfiada, el penetrómetro de bolsillo y el ensayo SPT.

2.1.5 Peso Unitario:

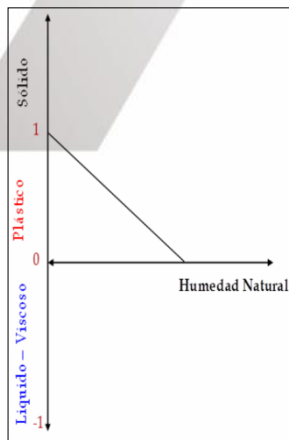
El peso unitario total maneja un promedio de 1.90ton/m³.

El peso unitario seco maneja un promedio de 1.69 ton/m³.

2.1.5.1 Penetrómetro de bolsillo

El Penetrómetro de bolsillo se utiliza específicamente para determinar la resistencia a la penetración de las capas superiores del suelo (profundidad de medición 5 mm) y de muestras en el campo o en el laboratorio. De las pruebas realizadas In situ, se aprecia un comportamiento de condiciones de resistencia Densa, obteniendo valores de penetración de 3.5 kg/cm².

2.1.6 Índice de consistencia



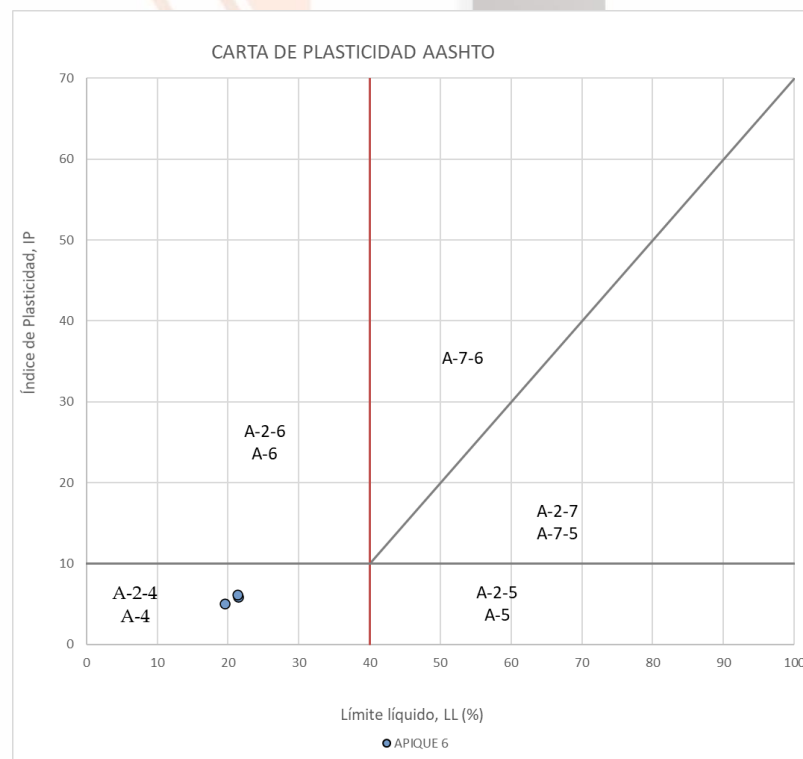
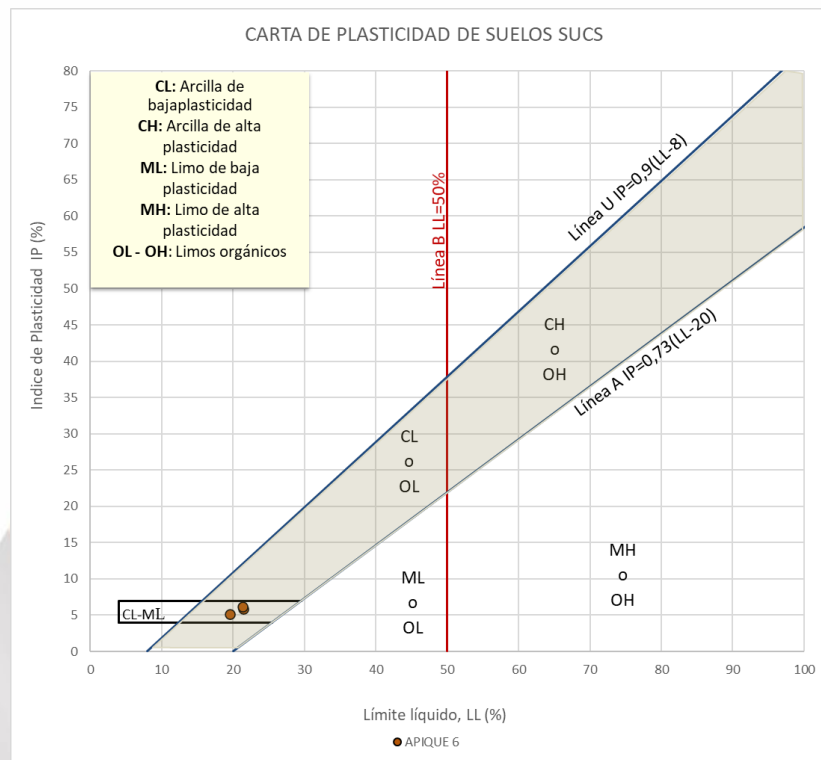
La consistencia se define como la resistencia al flujo, que está relacionada con la fuerza de atracción entre partículas y es más fácil de percibir físicamente que de describir cuantitativamente. Con el índice de consistencia puede evaluarse la condición actual que presenta el suelo en base al límite líquido, índice de plasticidad y el contenido de humedad. El índice de consistencia del suelo arrojó valores entre 0.78 a 1.27, arrojando una consistencia plástica a Sólida a lo largo de la exploración.

2.1.7 Familias de suelos

Con los resultados de los ensayos de laboratorio, se clasificó el suelo por el sistema SUCS y AASHTO donde se determinaron familias predominantes en el subsuelo.

De acuerdo con la clasificación se observa que los suelos predominantes son CL-ML para el sistema SUCS, y A-4 principalmente para la propuesta presentada por la AASHTO.

Esquema 8 Clasificación unificada de suelos – Clasificación Aashto.



2.2 Capacidad de soporte – subrasante natural

Es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo bajo condiciones de densidad y humedad. Se tuvieron en cuenta métodos directos realizados in situ, métodos no destructivos y correlaciones validadas por diferentes autores.

2.2.1 Prueba de CBR in situ.

La evaluación de la capacidad de soporte de la subrasante fue realizada en términos de CBR en condición inalterada y sumergida, determinando el posible potencial de expansión.

2.2.1 Penetrómetro dinámico de cono

El ensayo se realizó in situ para medir la penetración dinámica por golpes y establecer por correlaciones el valor de CBR para cada uno de los suelos en el área del proyecto, para este tramo se obtuvo un valor de PDC de 7.6%.

2.2.2 Correlaciones índices de grupo Aashto

Con el índice de grupo de la clasificación propuesta por la Aashto, se obtiene valores por correlación para CBR, de los cuales se obtuvieron valores alrededor del 7.9%.

$$CBR = 8.7 * \log \frac{56}{IG}$$

IG: índice de grupo clasificación Aashto

2.2.3 Correlación propiedades índice Aashto

Para materiales que exhiban alguna plasticidad como los GM, GC, SM, SC, ML, MH, CL y CH, para los cuales $P_{200} * IP > 0$

$$CBR = \frac{75}{1 + 0.728(P_{200} * IP)}$$

P_{200} : Proporción del material que pasa el tamiz N 200.

IP: Índice plástico del suelo.

2.2.4 Resultados obtenidos CBR

De los valores obtenidos en cada uno de los ensayos y métodos para determinar los valores de CBR, se estableció el valor de CBR para el diseño de pavimento, como se presenta a continuación:

Tabla 5 Resultados de CBR obtenidos.

SECTOR	DIRECCION	APIQUE	SUCS	PROF. MEDIA m	CBR ANTES DE INMERSION %	CBR DESPUES DE INMERSION %	AASHTO IG %	PROP. INDICE %	PDC %	EXPANSION %	ESPESOR MATERIAL GRANULAR
5	Calle 26 entre carrera 18 y carrera 17	6	SM-SC	0.73	5.2	3.1	7.9	15.3	7.6	0.20	0.35

Fuente: Elaboración Propia

De la prueba de CBR inalterado tomada in situ, se obtienen valores de capacidad de soporte de:

2.2.5 Análisis del CBR obtenido

Acorde a los resultados obtenidos de CBR, se puede observar que la variación entre las condiciones naturales y sumergidas son un poco amplias, dada la condición de falla y escenario expuesto (natural - sumergida).

De acuerdo con la siguiente clasificación adoptada del INVIAS, los suelos identificados en todos los tramos se ubican en la categoría pobre para CBR sumergido y para CBR natural, con usos de Subrasante.

Tabla 6. Categorización de CBR.

ÍNDICE DE GRUPO	CBR %	SUELO DE SUBRASANTE	USOS
> 9	0 - 3	Muy Pobre	Subrasante
4 - 9	3 - 7	Pobre	Subrasante
2 - 4	7 - 20	Regular	Subbase
1 - 2	20 - 50	Bueno	Subbase y Base
0 - 1	> 50	Excelente	Base

Fuente: manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito. Bogotá D.C., 1998. p. 53.

2.3 Análisis de Tramos Homogéneos

Teniendo en cuenta que para el presente estudio la longitud del tramo, no aplica la definición de unidades homogéneas y se toman las siguientes características de la subrasante en función del CBR para el sector en estudio.

Tabla 7 Resumen capacidad de soporte.

PARAMETRO	CBR NATURAL (%)	CBR SUMERGIDO (%)
SUCS	SM/SC	
CBR (%)	5.20	3.10
Mr (kg/cm ²)	520	310
Mr (lb/pulg ²)	7800	4650
Mr (N/m ²)	52000000	31000000
Mr (Mpa)	52	31
K (kg/cm ³)	3.94	2.78
K (lb/pulg ³)	141.94	100.24
K (Mpa/m)	39.37	27.81

Tabla 8 Resumen general variables.

APIQUE	6		
MUESTREO	BO (0.1 - 0.4)	CBR (0.4 - 1.1)	BO (1.1 - 1.5)
PROF MEDIA (m)	0.23	0.73	1.3
Peso unitario húmedo (g/cm ³)	-	1.9	-
Peso unitario seco γ_d (g/cm ³)	-	1.69	-
Penet.de bolsillo (kg/cm ²)	-	3.5	-
Humedad Natural	16.80%	13.40%	15.40%
Pasa Tamiz N° 200	22.10%	28.60%	21.30%
Límite Líquido (%)	21.39%	21.29%	19.51%
Límite Plástico	15.50%	15.10%	14.40%
Índice de Plasticidad	5.90%	6.20%	5.10%
SUCS	GM - GC	SM - SC	SM - SC
CBR inalterado	-	5.2	-
CBR sumergido	-	3.1	-
PDC	-	7.55	-
EXPANSION %	-	0.2	-

2.4 Estratigrafía

Para establecer de forma aproximada el perfil de suelo dentro de la zona de estudio, se tuvieron en cuenta las observaciones y registros de campo, resultados de los ensayos de laboratorio, geología, y correlaciones directas que permitieron definir parámetros de diseño para cada uno de los estratos identificados.

Las columnas estratigráficas puntuales obtenidas en cada sitio de exploración, describen de forma detallada los estratos de suelos y parámetros físicos y mecánicos, las cuales se visualizan en los anexos.

A continuación, se describen los estratos definidos conforme a las propiedades establecidas de acuerdo a la profundidad alcanzada:

E1 0.0 - 0.35 m (GC/GM): Carpeta asfáltica, seguida de material granular en matriz limo arcillosa, color gris y amarillo, de baja plasticidad y compacidad media, humedad natural media del 16.8%, índice de plasticidad del 5.9%, muestra en estado sólido, donde el 22.1% del material pasa el tamiz 200.

E2 0.35–1.5 m (SM/SC): Arena limo arcillosa color café, de baja compresibilidad y compacidad media, con potencial de expansión bajo, presenta un índice de plasticidad del 5.7%, humedad natural presente del 14.4%, muestra en estado sólido, valor de CBR 5.2 en estado natural y 3.1 después de sumergido, valor de ensayo PDC 7.9%, donde el 25% del material pasa la malla 200.

No se identifican nivel de aguas freáticas en la exploración realizada.

3. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL SUELO

A partir de las muestras recuperadas y ensayadas en laboratorio bajo las normas INVIAS, ASTM y NTC, así como correlaciones y propiedades índices, se obtiene la clasificación y los parámetros de resistencia geomecánica del suelo que permitieron definir los valores de diseño a emplear en la determinación de la cimentación y de la estructura del proyecto, así como clasificar el perfil de suelo del proyecto.

3.1 Parámetros de suelo

Una vez establecidas las propiedades y caracterización de subsuelo en cada uno de los estratos identificados, se definen y se adoptan los siguientes parámetros como variables de entrada para la proyección del diseño definitivo.

Tabla 9 Parámetros geotécnicos obtenidos.

CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS	ESTRATO 1	ESTRATO 2
TIPO DE SUELO	GM-GC	SM/SC
PROFUNDIDAD (m)	(0.0 - 0.35)	(0.35 - 1.5)
W_{nat} (%)	16.8	14.4
LL (%)	21.4	20.4
IP (%)	5.9	5.7
γ_{hum} (ton/m ³)	-	1.9
Pasa 200 (%)	22.1	25
CBR IN (%)	-	5.2
CBR SU(%)	-	3.1
PDC (%)	-	7.6

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en la información obtenida en campo y los datos obtenidos de los ensayos practicados en el laboratorio en las exploraciones realizadas se concluye los siguientes aspectos:

- De acuerdo a la proyección y longitud de la vía, se determinó un plan de campaña geotécnica, la cual fue desarrollada mediante la ejecución de 1 apique manual a cielo abierto, tomando muestras inalteradas y ensayos in situ para obtener la mayor información y establecer parámetros que permitan la definición de variables geotécnicas para emplear en el diseño de pavimentos.
- En el sitio de exploración se extrajeron muestras para el ensayo de CBR de laboratorio bajo condicionamiento en agua, los cuales fueron complementados con medición de PDC tomado dentro del suelo de subrasante, lo que permitió evaluar la resistencia del perfil del subsuelo explorado, analizando y clasificando los valores promedio encontrados dentro de dichas pruebas.
- La subrasante natural la conforman arenas limoarcillosas de baja compresibilidad, compacidad media de color café, El grado de plasticidad encontrado, las condiciones de humedad de la zona nos indican que los suelos no son susceptibles a desarrollar fenómenos contracto – expansivos.
- Como se pudo apreciar en los resultados obtenidos de las pruebas de CBR, los valores de CBR disminuyen con la acción del agua; aunque no se reportó un nivel freático en las perforaciones es de fundamental importancia que las vías sean provistas con obras de drenaje superficial que recojan y encaucen adecuadamente las aguas de escorrentía, para proteger el suelo de subrasante de sobresaturaciones indeseadas. La topografía del tramo favorecerá el movimiento de aguas lluvias y superficiales.
- Para establecer el CBR de diseño, se deberán evaluar las condiciones climáticas y ambientales, las cuales determinarán la condición a emplear.
- En la zona del proyecto no se encuentran cuerpos de agua ni zonas de reserva forestal, por ello no tienen implicación en la ejecución de la obra.
- La excavación no debe permanecer expuesta en tiempos prolongados, ya que puede causar incrementos de humedad y expansiones en el suelo, y

ante incrementos de lluvias, posibles filtraciones que debilitan la estructura y por ende una disminución en el aporte de resistencia del suelo. Por ello se recomienda establecer una programación en la materialización de las estructuras de forma continua, y así garantizar que no se lleguen a presentar los casos expuestos anteriormente, además de proteger las paredes de la excavación mediante plásticos.

- Los procedimientos constructivos deberán de someterse a una continua supervisión Geotécnica, con el fin de aprobar el suelo de subrasante y cada una de las capas estructurales del pavimento, de acuerdo a las especificaciones técnicas que apliquen para el proyecto.

En caso de presentarse alguna anomalía del subsuelo no detectada en este estudio, se deberá de avisar oportunamente a A.P.P Control ingeniería S.A.S. con el fin verificar las condiciones geotécnicas del sitio y en algún caso realizar una nueva perforación y así garantizar la completa satisfacción técnica y constructiva del proyecto.

Cordialmente,

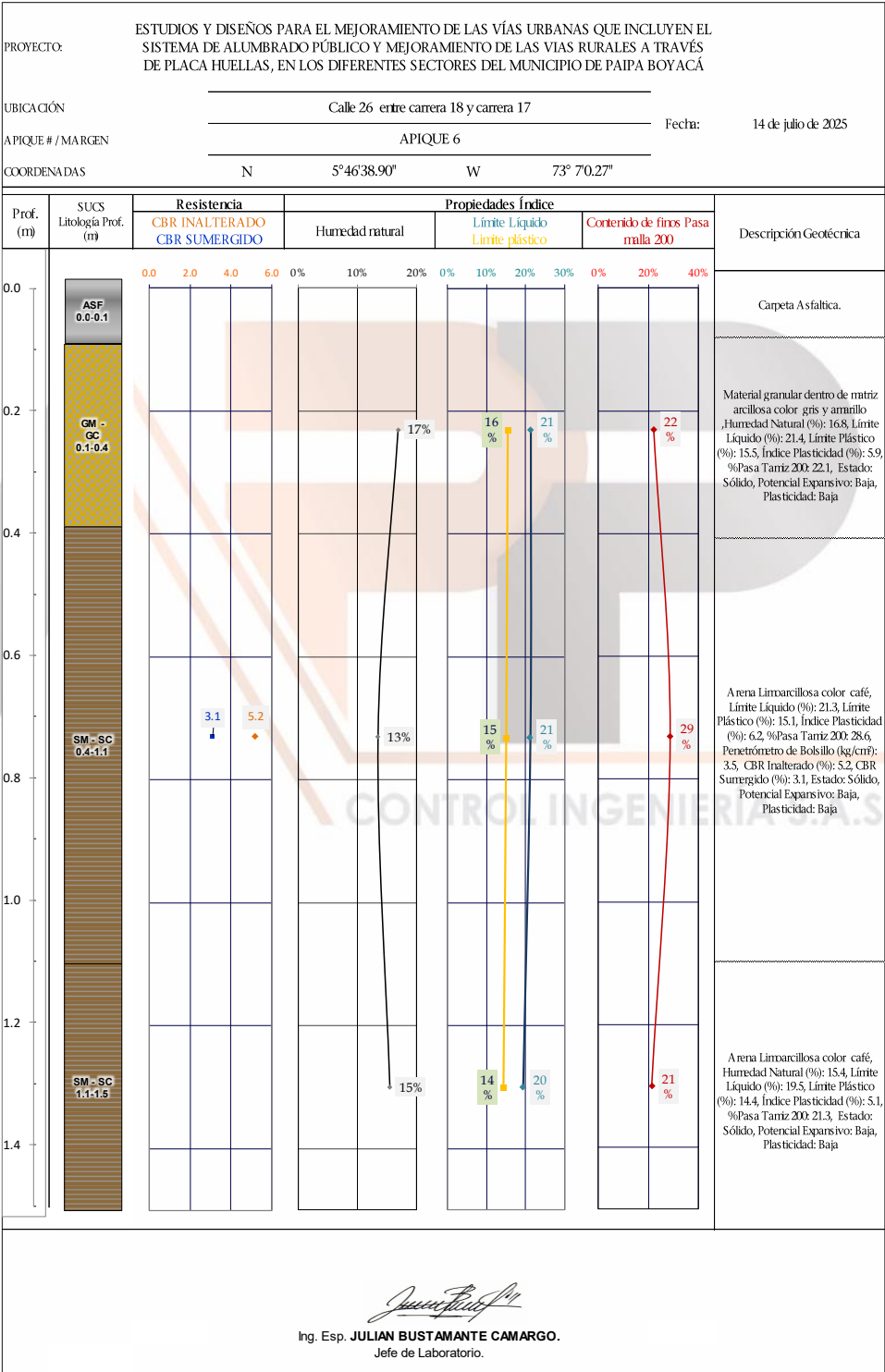


Ing. Esp. JULIAN FELIPE BUSTAMANTE C.
Ingeniero Civil
M.P. 091037-0535413 CND
Esp. Geotecnia

Tunja Julio de 2025

1. LISTA DE ANEXOS

1.1 Columnas estratigráficas



Ing. Esp. JULIAN BUSTAMANTE CAMARGO.
Jefe de Laboratorio.

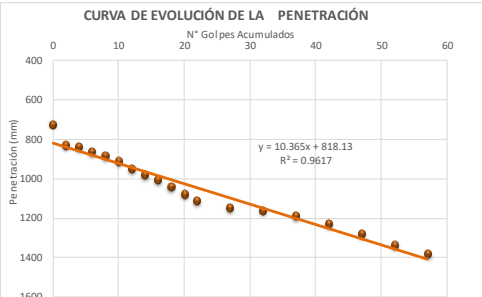
1.2 Resumen de ensayos realizados

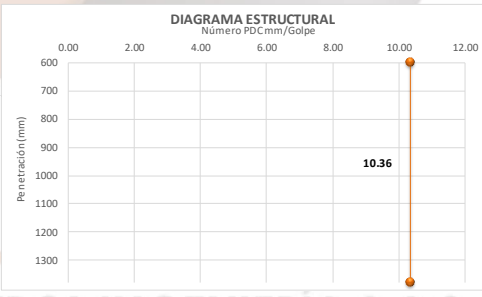
APIQUE 6						
PRUEBAS DE LABORATORIO	Generalidades	Muestra		BO (0.1 - 0.4)	CBR (0.4 - 1.1)	BO (1.1 - 1.5)
		Profundidad Media (m)				
Características físicas	Humedad Natural (%)	INV E 122-13		16.8%	13.4%	15.4%
	Límite Líquido (%)	INV E 125-13		21.4%	21.3%	19.5%
	Límite plástico (%)	INV E 125-13		15.5%	15.1%	14.4%
	Índice de Plasticidad (%)			5.9%	6.2%	5.1%
	Densidad Total (ton/m³)			-	1.90	-
Características Mecánicas	Densidad Seca (ton/m³)			-	1.69	-
	Lavado por el tamiz 200	INV E 123-13		22.1%	28.6%	21.3%
	Resistencia inconfiada	Qu (kg/cm²) INV E 152-13		-	-	-
	Perforación Normal Estándar SPT	INV E-111-13		-	-	-
	(NF de Campo)			-	3.50	-
CLASIFICACIÓN	Unificada de Suelos SUCS	Perforómetro de bolsillo (kg/cm²) AS/TMD 1558		GM - GC	SM - SC	SM - SC
COMPRESIBILIDAD CC	AAASHTO			A1 (I)	A-2-4 (I)	A1 (I)
	1) Skempton 0.009 * (LL - 10) NC			-0.088	-0.088	-0.088
	2) Skempton 0.007 * (LL - 10) M. Amasatas.			-0.069	-0.069	-0.069
	3) Nadase 0.046+0.0104* IP IP<50			0.047	0.047	0.047
	4) 0.85 x Wnat ^{1/2} Heterelud Arcillas Blandas			0.059	0.042	0.051
EXPANSIÓN PROBABLE	Humedad de Equilibrio (%)	0.47 * LL + 3.6		13.7%	13.6%	12.8%
	Expansión (%)	0.00216 * IP ^{2.44}		0.2	0.2	0.1
	Presión de expansión (ton/m²)			-	-	-
CAPACIDAD DE SOPORTE	Log Pexp=	- 1.868 + 2.08 LL + 0.665 yd - 2.69 Hrat		-	-	-
	CBR Intilerado			-	5.2	-
	CBR Sumergido			-	3.1	-
	CBR = 8.7* Log (35/G) 85% Confiabilidad			13.4	7.9	13.4
	CBR = 75/(1+0.728(Pasa 200* IP))			38.5	15.3	41.9
Estado	Perforómetro Dinámico de Corp - PDC			-	7.6	-
Potencial Expansivo				Sólido	Sólido	Sólido
Plasticidad				Baja	Baja	Baja

1.3 Resultados de ensayos penetrómetro dinámico de cono “PDC”

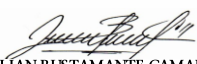
	PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO NORMA I.N.V. E- 172 - 22
PROYECTO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS VÍAS URBANAS QUE INCLUYEN EL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO Y MEJORAMIENTO DE LAS VÍAS RURALES A TRAVÉS DE PLACA HUELLAS, EN LOS DIFERENTES SECTORES DEL MUNICIPIO DE PAIPA BOYACÁ	
MATERIAL: SUBRASANTE FECHA DEL ENSAYO 14 de julio de 2025	
LOCALIZACIÓN: Sector 5 -Calle 26 entre carrera 18 y carrera 17	
APIQUE: 6 ENSAYO A6	

Número de golpes	Nº Golpes acumulados	Penetración acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpes (mm)	Factor del martillo
0	0	730	0	-	1.0
2	2	830	100	50.0	1.0
2	4	840	10	5.0	1.0
2	6	865	25	12.5	1.0
2	8	885	20	10.0	1.0
2	10	910	25	12.5	1.0
2	12	950	40	20.0	1.0
2	14	980	30	15.0	1.0
2	16	1010	30	15.0	1.0
2	18	1040	30	15.0	1.0
2	20	1080	40	20.0	1.0
2	22	1115	35	17.5	1.0
5	27	1145	30	6.0	1.0
5	32	1160	15	3.0	1.0
5	37	1190	30	6.0	1.0
5	42	1230	40	8.0	1.0
5	47	1280	50	10.0	1.0
5	52	1340	60	12.0	1.0
5	57	1380	40	8.0	1.0





Rango de profundidad (mm)	Índice de penetración DN (mm/golpe)	VALOR DE CBR				
		Suelos Granulares			Suelo Finos	
		COLOMBIA BATEMAN CBR=567(DN) ^{1.4}	USA CUERPO DE INGENIEROS CBR=405.5(DN) ^{1.293}	INV E 172-13 CBR=292(DN) ^{1.12}	COLOMBIA UPTC CBR=30.52(DN) ^{0.62}	COLOMBIA BATEMAN CBR=37.9(DN) ^{0.69}
600 - 1380	10.36	21.5	19.6	21.3	7.16	7.55

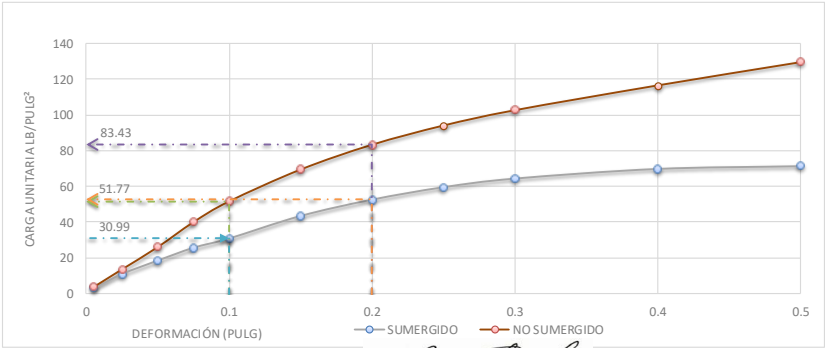

Ing. JULIAN BUSTAMANTE CAMARGO
 Jefe de laboratorio
 Revisado

1.4 CBR In situ

	RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN EL TERRENO (CBR "IN SITU") NORMA INV. E-169-22
PROYECTO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS VÍAS URBANAS QUE INCLUYEN EL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO Y MEJORAMIENTO DE LAS VÍAS RURALES A TRAVÉS DE PLACA HUELLAS, EN LOS DIFERENTES SECTORES DEL MUNICIPIO DE PAIPA BOYACÁ	
MATERIAL: SUBRASANTE FECHA DE ENSAYO: 14 de julio de 2025	
LOCALIZACIÓN: Sector 5 -Calle 26 entre carrera 18 y carrera 17	
APIQUE: 6 PROFUNDIDAD: 0.4 - 1.1 N° MUESTRA 2	

Penetración (pulg)	NO SUMERGIDO			SUMERGIDO		
	Lectura Celda (kg)	Carga (lb)	Carga Unitaria (lb/pulg²)	Lectura Celda (kg)	Carga (lb)	Carga Unitaria (lb/pulg²)
0.005	5.48	12.09	3.85	4.50	9.91	3.16
0.025	19.64	43.31	13.78	15.89	35.03	11.15
0.050	37.34	82.33	26.21	26.58	58.60	18.65
0.075	57.22	126.14	40.15	36.77	81.07	25.81
0.100	73.78	162.65	51.77	44.17	97.37	30.99
0.150	99.13	218.54	69.56	62.06	136.81	43.55
0.200	118.89	262.10	83.43	75.05	165.45	52.66
0.250	134.19	295.83	94.17	84.94	187.26	59.61
0.300	146.41	322.77	102.74	91.83	202.46	64.44
0.400	166.17	366.33	116.61	99.53	219.42	69.84
0.500	184.67	407.12	129.59	101.73	224.27	71.39
Humedad	12.42%			16.50%		
CBR_{0.1}	5.2%			3.1%		
CBR_{0.2}	5.6%			3.5%		

Diámetro molde	DENSIDAD MUESTRA		EXPANSION MUESTRA (mm)	
15.2	Número de Molde	1	Lectura Inicial	0.000
15.2	Volumen de muestra	1768 cm³	Día 1	0.018
15.3	Peso del Molde	6201 gr	Día 2	0.019
Promedio 15.2	Peso Molde + Muestra	9568 gr	Día 3	0.019
Altura Molde	Peso de Muestra	3367.00 gr	Día 4	0.019
17.	Densidad Muestra	1.90 g/cm³	Expansión	0.20%
17.	Densidad Seca Muestra	1.69 g/cm³		
Promedio 17.				



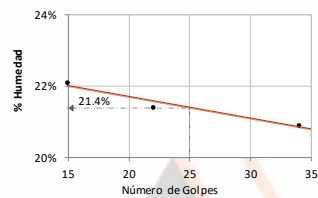


Ing. JULIAN BUSTAMANTE CAMARGO
Jefe de laboratorio
Revisado

1.5 Límites de Atterberg

APIQUE 6

APIQUE 6					
PARÁMETRO	LÍMITE LÍQUIDO, LL			LÍMITE PLÁSTICO, LP	
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2
Número Capsula	119	52	60	22	22
Peso Capsula (g)	13.06	15.37	18.98	7.95	7.95
Suelo Húmedo+Cápsula	34.57	43.21	39.13	21.4	21.4
Suelo Seco+Cápsula	30.67	38.31	35.64	19.6	19.6
Número de golpes	15	22	34	-	-
Peso de agua	3.9	4.9	3.49	1.8	1.8
Peso Suelo seco	17.61	22.94	16.66	11.65	11.65
Humedad	22.1%	21.4%	20.9%	15.5%	15.5%



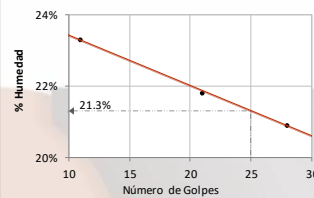
CALCULO ÍNDICE PLÁSTICO

Límite Líquido 21.4%
Límite Plástico 15.5%

$$IP = LL - LP$$

ÍNDICE PLÁSTICO 6.0%

APIQUE 6					
PARÁMETRO	LÍMITE LÍQUIDO, LL			LÍMITE PLÁSTICO, LP	
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2
Número Capsula	4	173	81	178	178
Peso Capsula (g)	18.26	15.75	19.75	8.74	8.74
Suelo Húmedo+Cápsula	44.89	45.47	55.45	25.67	25.67
Suelo Seco+Cápsula	39.86	40.16	49.27	23.45	23.45
Número de golpes	11	21	28	-	-
Peso de agua	5.03	5.31	6.18	2.22	2.22
Peso Suelo seco	21.6	24.41	29.52	14.71	14.71
Humedad	23.3%	21.8%	20.9%	15.1%	15.1%



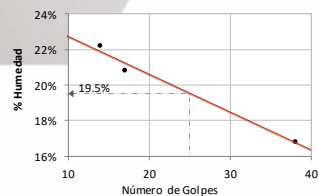
CALCULO ÍNDICE PLÁSTICO

Límite Líquido 21.3%
Límite Plástico 15.1%

$$IP = LL - LP$$

ÍNDICE PLÁSTICO 6.2%

APIQUE 6					
PARÁMETRO	LÍMITE LÍQUIDO, LL			LÍMITE PLÁSTICO, LP	
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2
Número Capsula	154	101	54	175	175
Peso Capsula (g)	15.18	16.31	15.5	8.52	8.52
Suelo Húmedo+Cápsula	40.75	50.3	49.06	22.78	22.78
Suelo Seco+Cápsula	36.11	44.44	44.23	20.98	20.98
Número de golpes	14	17	38	-	-
Peso de agua	4.64	5.86	4.83	1.8	1.8
Peso Suelo seco	20.93	28.13	28.73	12.46	12.46
Humedad	22.2%	20.8%	16.8%	14.4%	14.4%



CALCULO ÍNDICE PLÁSTICO

Límite Líquido 19.5%
Límite Plástico 14.4%

$$IP = LL - LP$$

ÍNDICE PLÁSTICO 5.1%

1.6 Registro Fotográfico

Foto 1 Exploración Apique 6

